

Sistem Akuisisi Dan Komunikasi Data Multi Node Untuk Monitoring (Implementasi)

Sugeng Ardian Yuliantoro^{#1}, Bambang Sumantri^{#2}, Ali Husen Alasiry^{#3}, Firman Arifin^{#4}

[#]Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya

¹suhenk@student.eepis-its.edu

²bambang@eepis-its.edu

³ali@eepis-its.edu

³firman@eepis-its.edu

Abstrak— Sistem pemantauan pada trafo distribusi PLN yang ada di Indonesia umumnya masih menggunakan sistem yang konvensional yaitu dengan mendatangi tiap-tiap gardu trafo distribusi untuk pengukuran beban. Namun semuanya itu masih bersifat *offline*, karena pemasukan datanya masih dilakukan secara manual. Oleh karena itu, pada proyek akhir ini dibuat sistem monitoring tegangan dan suhu trafo yang dapat terintegrasi dengan *database* (Data Induk Jaringan PLN) dengan menerapkan teknologi *wireless RF* dan *SMS Gateway*.

Komunikasi serial *multihop* yang menerapkan teknologi *wireless RF* mampu melakukan pengambilan data pengukuran tegangan dan suhu trafo pada setiap sistem sensor pada setiap *node*. Proses pengambilan data pengukuran tegangan dan suhu dari sistem sensor dilakukan oleh *mikronode* dengan *event* dan *schedule* yang dikehendaki dengan jarak terjauh antar *node* yang ada pada GTT adalah ± 200 meter dalam kondisi *Outdoor* dan *Line of Sight*, selanjutnya data yang ada akan dikirimkan ke *server* oleh *mikroserver* menggunakan *SMS Gateway*.

Sistem komunikasi yang diterapkan mampu mendukung proses pengiriman data saat terjadi *overvoltage* (>231 VAC), *undervoltage* (<198 VAC), dan *lossvoltage* (0 VAC) serta *over temperature* ($>80^{\circ}\text{C}$) sedangkan untuk monitoring tegangan dan suhu trafo dilakukan secara terjadwal dengan tingkat keberhasilan 95% untuk pihak *server*. Proses komunikasi data menggunakan *baud rate 9600*. Penerapan teknologi *SMS Gateway* pada sistem komunikasi untuk monitoring tegangan dan suhu trafo memungkinkan untuk pengiriman data ke *server* untuk jarak komunikasi yang relatif jauh.

Kata kunci— : PLN, Gardu Trafo Distribusi, *Wireless RF*, *SMS Gateway*, *Multihop*.

I. PENDAHULUAN

Pada umumnya sistem pemantauan pada trafo distribusi PLN yang ada di Indonesia masih menggunakan sistem yang konvensional yaitu pemantauan dengan mendatangi tiap-tiap Gardu Trafo untuk mengukur dan mencatat mutu tegangan, beban, *cosq* dan lain-lain. Pada saat pengukuran dari trafo ke trafo masih menggunakan alat yang dinamakan tang amper dan pengukuran dilakukan pada saat siang hari dan malam hari. Namun semuanya itu masih bersifat *offline*, pencatat tersebut harus datang ke kantor

untuk memberikan hasil pengukuran kepada petugas *entry data*, dan petugas *entry data* memindahkannya dari tulisan tangan ke komputer. Kelemahan yang utama dari sistem tersebut antara lain : Pengukuran tidak dilakukan secara real time sehingga apabila terjadi gangguan *overvoltage*, *undervoltage* dan *lossvoltage* serta *overtemperature* pada trafo maka tidak dapat diketahui sejak dini. Kurang validanya data yang ada disebabkan oleh kesalahan pembacaan petugas pada saat pengukuran, kesalahan penulisan dan kesalahan pengetikkan pada saat *entry data*.

Pengukuran yang tidak dilakukan secara real time dirasa kurang efektif karena tidak mengetahui kondisi trafo setiap saat dalam mengukur tegangan, beban, *cosq* dan yang lainnya sehingga apabila terjadi gangguan *overvoltage*, *undervoltage* dan *lossvoltage* serta *overtemperature* pada trafo maka tidak dapat diketahui sejak dini. Dan itu adalah salah satu bagian yang dapat menyebabkan kerusakan trafo.

Pencatat tersebut harus datang ke kantor hanya untuk memberikan data ke petugas *entry data*, dan ini sangat tidak efektif serta tidak ekonomis. Demikian pula dengan petugas *entry data* yang berada di kantor harus selalu menunggu data yang datang, hal itulah menyebabkan evaluasi dan tindak lanjutnya sering terlambat. Teknologi *wireless RF* dan *SMS Gateway* dapat digunakan untuk pengiriman data pengukuran tegangan dan suhu trafo dari *mikronode* ke *server*. Pemakaian sistem komunikasi dengan penerapan teknologi *wireless RF* dan *SMS Gateway* akan memudahkan evaluasi pengukuran secara *real time*. Pada sistem ini *Wireless RF* mengirimkan data dari satu *node* ke *node* yang lainnya sampai data tersebut dikirimkan ke *server* sebagai evaluator pengukuran trafo melalui komunikasi *SMS Gateway*.

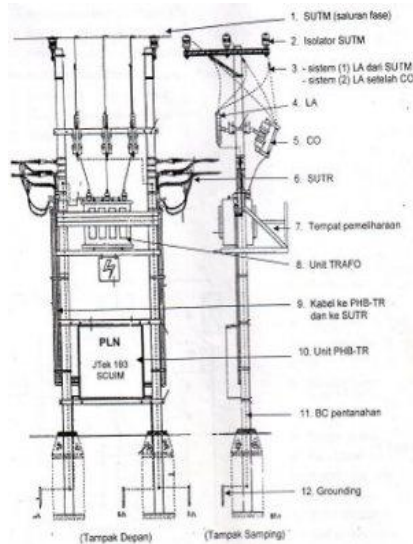
II. TEORI PENUNJANG

Teori penunjang yang digunakan dalam penyelesaian pembuatan sistem komunikasi ini adalah komunikasi *singlehop*, AT Mega 128, modul *wireless RF*, Protokol dan enkripsi / deskripsi data.

A. Gardu Trafo Tiang (GTT) Distribusi

Gardu Trafo Tiang (GTT) adalah merupakan salah satu komponen instalasi tenaga listrik yang terpasang di jaringan distribusi. Trafo daya step down berfungsi untuk menurunkan dari tegangan menengah 20kV ke tegangan rendah 380/200 V(referensi tegangan trafo 400/231V), dan selanjutnya tegangan tersebut disalurkan ke konsumen. Untuk mengamankan trafo dan sistemnya, GTT dilengkapi dengan unit-unit pengamanan yang ditempatkan pada

Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) khususnya sistem pada PLN Distribusi Jatim.



Gambar 2.1 Standart Konstruksi GTT

B. Komunikasi Multi Hop

Komunikasi *Multihop* adalah jenis jaringan dimana setiap node tidak boleh hanya menangkap dan menyebarkan data sendiri, tetapi juga berfungsi sebagai relay untuk node lain, yaitu, ia harus bekerja sama untuk menyebarkan data dalam jaringan. Pada komunikasi multihop menggunakan teknik *routing* yaitu dengan metode pesan merambat sepanjang jalan, dengan melompat dari node ke node sampai tujuan tercapai.

C. Mikrokontroler ATMEGA 128

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Pada ATMEGA 128 mempunyai spesifikasi yang dibutuhkan untuk membuat minimum sistem untuk mikroserver sebagai berikut :

1. Frekuensi clock hingga 16 MHz
2. Mempunyai 128 Kbyte Flash Programmer
3. 2 buah USART
4. 4 KB internal EEPROM
5. Antarmuka I2C dan SPI

D. Protokol[3]

Protokol adalah sebuah aturan atau standar yang mengatur atau mengijinkan terjadinya hubungan, komunikasi, dan perpindahan data antara dua atau lebih perangkat. Protokol dapat diterapkan pada perangkat keras, perangkat lunak atau kombinasi dari keduanya. Pada tingkatan yang terendah, protokol mendefinisikan koneksi perangkat keras. Hal – hal yang perlu diperhatikan mengenai protokol adalah :

1. Melakukan deteksi adanya koneksi fisik atau ada tidaknya komputer atau mesin lainnya.
2. Melakukan metode "jabat-tangan" (*handshaking*).
3. Negosiasi berbagai macam karakteristik hubungan.
4. Bagaimana mengawali dan mengakhiri suatu pesan.
5. Bagaimana format pesan yang digunakan.
6. Yang harus dilakukan saat terjadi kerusakan pesan atau pesan yang tidak sempurna.
7. Mendeteksi rugi-rugi pada hubungan jaringan dan langkah-langkah yang dilakukan selanjutnya
8. Mengakhiri suatu koneksi.

Dalam membuat protokol ada tiga hal yang harus dipertimbangkan, yaitu *efektivitas*, *kehandalan*, dan *fleksibilitas*.

E. Modul Wireless RF X-Bee Pro XBP-24/1083

Pada masa sekarang ini telah banyak dikembangkan modul *wireless RF*. Salah satu modul *wireless RF* yang sering dipakai adalah *X-Bee Pro* yang dibuat oleh *Maxstream*. *X-Bee Pro* dirancang agar dapat memenuhi teknologi *ZigBee/IEEE 802.15.4*.

ZigBee/IEEE 802.15.4 teknologi yang memfokuskan *data rate* rendah, konsumsi daya rendah, biaya rendah, target protokol jaringan *wireless* untuk aplikasi otomasi dan kendali remote . Modul *X-Bee pro* ini beroperasi pada daerah 2,4 GHz *X-Bee Pro* yang dipakai memiliki spesifikasi *XBP-24/1083*. Fitur yang dimiliki oleh modul *wireless RF* ini adalah [4] :

1. Jarak komunikasi *indoor* sampai 300 m dan *outdoor* 1500 m LOS (*Line Of Sight*)
2. Sensitivitas penerimaan -100 dBm
3. *RF data rate* 250.000 bps
4. Setiap *channel* menyediakan alamat jaringan lebih dari 65.000 alamat
5. Mendukung topologi *peer to peer*, *point to multipoint* dan *point to point*.
6. Bentuk paket modul relative kecil
7. Kompatibel dengan perangkat lain yang mendukung teknologi *ZigBee/IEEE 802.15.4*
8. *Mode AT Command* untuk pengaturan konfigurasi dan parameter.

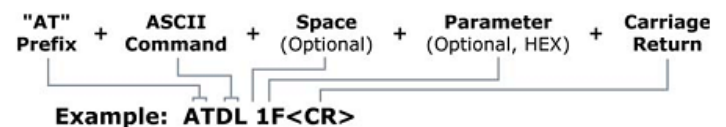
X-Bee Pro menyediakan beberapa mode pengalaman untuk proses komunikasi. Salah satu mode pengalaman yang disediakan adalah *short 16 bit addressing*. Mode pengalaman ini memiliki beberapa parameter yaitu :

1. MY, merupakan alamat diri dari setiap modul *wireless RF*
2. DL, merupakan alamat tujuan modul *wireless RF* untuk berkomunikasi
3. CH, merupakan *channel* dimana komunikasi RF terjalin
4. ID, merupakan alamat PAN (*Personal Area Networking*) ID dari modul RF

Penggunaan mode pengalaman *short 16 bit addressing* menyebabkan hanya modul *wireless RF* yang spesifik saja yang memiliki alamat MY yang sama dengan alamat DL modul *wireless RF* yang lain dapat berkomunikasi sehingga modul *wireless RF* yang lain tidak dapat berkomunikasi.

Pengaturan parameter pada modul *wireless RF* dilakukan dengan menggunakan *AT Command*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *AT Command* adalah :

1. Untuk membuka *AT Command mode* kirim 3 character plus ("+++") dalam waktu kurang dari 1 detik
2. Untuk mengirim *AT Command* gunakan aturan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Aturan penulisan AT Command

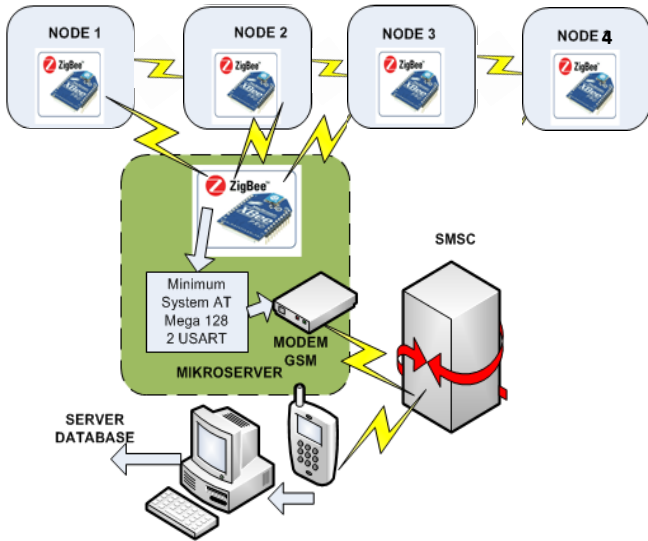
Untuk pembacaan parameter biarkan parameter kosong

3. Jika *AT Command* sukses dikirimkan dan dieksekusi maka akan ada respon OK (untuk pengaturan) atau nilai parameter (untuk pembacaan)
4. Untuk menyimpan parameter konfigurasi kirim ATWR <CR>
5. Selanjutnya untuk menutup *AT Command mode* kirim ATCN

III. PERENCANAAN SISTEM

Pada perencanaan sistem ini, terdiri dari blok diagram perencanaan sistem, perencanaan mekanik, perencanaan hardware dan perencanaan software

A. Perencanaan sistem



Gambar 3.1 Blok diagram sistem

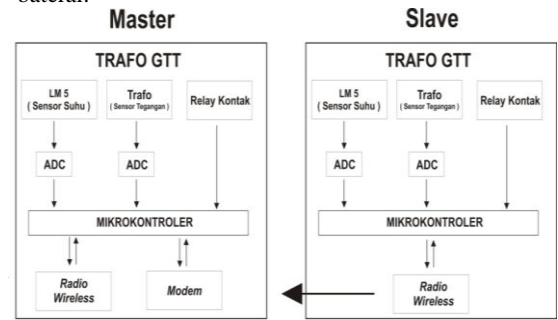
Sesuai gambar 3.1 di atas sistem menggunakan *wireless RF* dan *SMS Gateway* untuk proses komunikasi. Kedua jenis komunikasi ditangani oleh AT Mega-128 sebagai unit pemroses pada *mikroserver*. *Mikroserver* akan melakukan pengambilan data pemakaian air secara terjadwal menggunakan modul *wireless RF*. Proses pengiriman data dari setiap *node* ke *mikroserver* menggunakan modul *wireless RF* dan untuk pengiriman data dari *mikroserver* ke *server* menggunakan *SMS Gateway* yang memanfaatkan *GSM selular* dan *modem GSM*. Proses pengambilan data pemakaian air pada setiap *node* dilakukan secara *multi hop* sehingga pada proses komunikasi sepanjang *node* sampai *mikroserver* tidak ada proses *buffering* [8]. Proses komunikasi data *node-node* dan *node-mikroserver* dilakukan dengan cara pengiriman secara *broadcast* dengan pengalamanan yang sudah ditentukan pada setiap proses komunikasi dengan setiap *node* untuk pengambilan data tegangan dan suhu dalam bentuk suatu besaran nilai dari modul sensor. Data tersebut berakhir pada *mikroserver* setelah itu data dipaket dalam suatu *frame protokol* untuk dikirimkan ke *server* menggunakan *SMS Gateway*. Pada komputer *server* terdapat aplikasi untuk menerima data dari *GSM selular* dan melakukan pemrosesan agar dapat terkoneksi dengan *database*.

B. Perencanaan Hardware

Pada sistem komunikasi ini menggunakan AT MEGA 128 untuk melakukan proses komunikasi dengan server dan masing-masing node. Pada AT MEGA 128 mempunyai konfigurasi sebagai berikut :

1. Frekuensi clock sebesar 8,000 MHz
2. Menggunakan 2 buah komunikasi serial *USART* untuk komunikasi dengan modem *GSM* dan modul *wireless RF*. Untuk komunikasi dengan modem *GSM* digunakan converter MAX 232 untuk merubah tegangan TTL ke tegangan CMOS.

3. Dilengkapi dengan rangkaian RTC untuk penjadwalan waktu pengiriman data yang terhubung secara *I2C*.
4. Sumber daya menggunakan power supply *switching* dan baterai.



Gambar 3.2 Rangkaian Minimum System

Pemasangan alat yang menggunakan box diletakkan didalam gardu panel sedangkan untuk perlindungan rangkaian yang diletakkan pada lingkungan luar (*out door*), rangkaian yang terdiri dari minimum system, modem GSM dan baterai sebagai *back up* ditempatkan pada sebuah panel yang terbuat dari *plat besi* agar terhindar dari perubahan cuaca dan gangguan lingkungan.



Gambar 3.3 Box dan Konstruksi panel

C. Perencanaan Software

Perencanaan *software* terdiri dari algoritma pengiriman data dari *node*, algoritma pengiriman data ke *server*, dan protokol data.

1. Perencanaan protokol

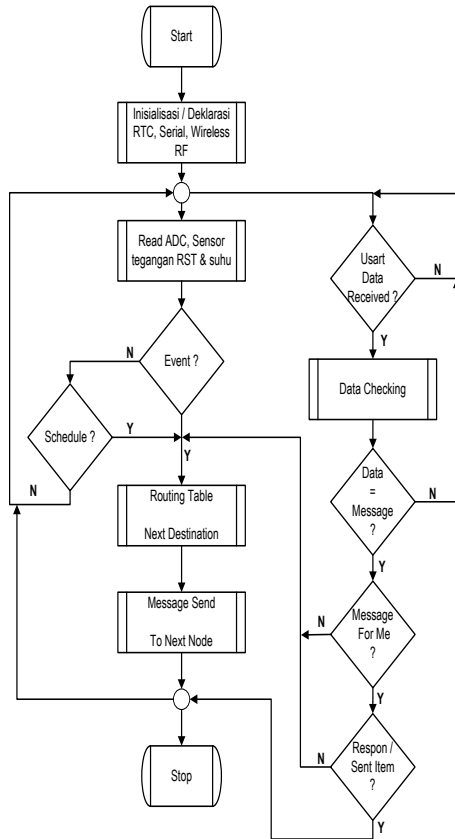
Secara umum protokol data yang dirancang terdiri dari beberapa komponen protokol yaitu :

- *Delimiter* ('*') digunakan sebagai awal dari protokol dan untuk pemisah data dipakai "--" dan "||"
- Alamat tujuan *mikroserver*, alamat MY *mikroserver*
- Alamat perantara *Node*, alamat MY *node* perantara
- Data yang diinginkan
- Alamat *Node* Kode data, alamat MY *node*
- *Terminator* ('#'), akhir dari protokol

2. Perencanaan algoritma pengambilan data dari sistem sensor

Pembuatan perangkat lunak untuk akuisisi data dari sistem sensor ini digunakan untuk pengambilan data tegangan dan suhu dari sistem sensor. Pada proses pengambilan data ini sensor yang digunakan masih berupa data analog oleh sebab itu dibutuhkan ADC sebagai

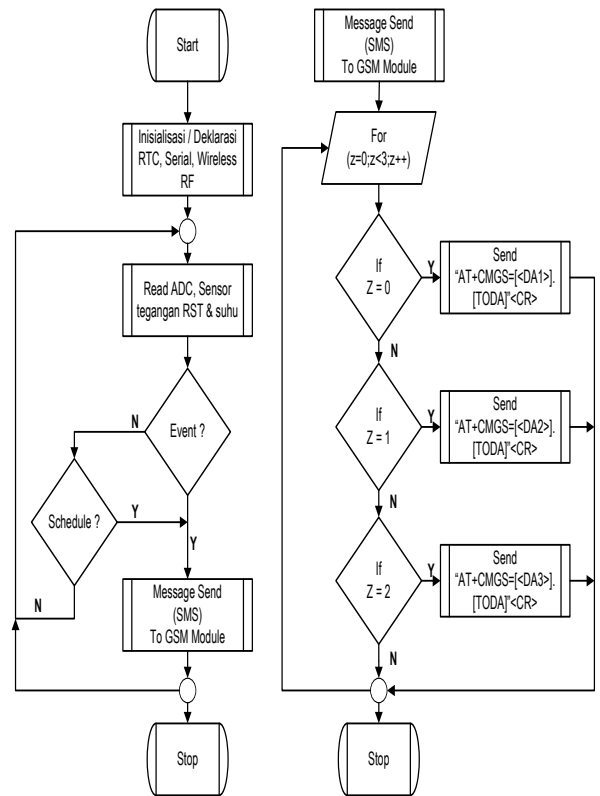
konversi menjadi data digital. Karena modul yang digunakan sudah ada internal ADC nya maka tinggal membaca ADC yang kita gunakan adalah 10 bit. Pada proses komunikasi ini memakai mode pengalamatan 16 bit untuk modul *wireless RF* sehingga perlu adanya penyesuaian alamat *mikroserver* dengan alamat *node* yang dituju. Selain itu pada proses penerimaan data dilakukan pengecekan protokol sehingga data dapat dimengerti oleh mikrokontroller. Proses pengambilan data ini dilakukan secara event ataupun terjadwal dengan memanfaatkan data waktu dari RTC.



Gambar 3.4. Flowchart pengambilan data dari sistem sensor

3. Perencanaan algoritma pengiriman data ke server

Pengiriman data tegangan dan suhu setiap *node-mikroserver* ke server dilakukan dengan menggunakan modem GSM. Pada komunikasi dengan modem GSM ini terlebih dahulu dilakukan pengecekan koneksi dengan modem GSM. Jika koneksi telah terhubung data tegangan dan suhu setiap *node-mikroserver* dapat dikirim menggunakan fasilitas SMS. Oleh karena itu pada perancangan dan pembuatan perangkat lunak ini perlu adanya suatu algoritma untuk pengecekan koneksi mikrokontroller dengan modem GSM. Pada pengecekan dan pengiriman data ini memakai perintah AT Command yang dikirimkan oleh mikrokontroller.



Gambar 3.5. Flowchart pengiriman data ke server

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian sistem terbagi atas beberapa pengujian yaitu pengujian sensor tegangan, pengujian sensor suhu, pengujian *baudrate wireless RF*, pengujian *mode pengalamatan addressing*, pengujian komunikasi *multithop*, pengujian dan pengujian sistem komunikasi secara keseluruhan serta implementasi lapangan.

➤ Pengujian sensor tegangan

Pengujian dilakukan 50 step (25 tap up dan 25 tap down) dengan perubahan tegangan setiap 10 VAC dengan waktu 60 detik melalui modul sensor cukup berhasil karena output yang dihasilkan cukup linier. Pada pengujian sensor pada tap up dimulai dari tegangan 10, 20, 30, 250 VAC begitu juga pada tap down dimulai dari tegangan 250, 240, 230, 220, 210 10 VAC. Data yang didapat bahwa error terbesar berada pada pengukuran dibawah 180V adalah (-10%), 100V adalah (-27%) dan 50V adalah (-81%) dikarenakan semakin kecilnya tegangan yang mensuplay rangkaian penyearah (diode) maka output yang didapat akan semakin kecil pula bahkan hasil tegangan keluaran tidak sesuai dengan apa yang diinginkan. Untuk pengukuran diatas 180V sesuai data yang diperoleh hampir mendekati akurat karena error yang didapat hanya (-1%), karena dalam tugas akhir ini pengukuran tegangan yang dianggap low volatge adalah di bawah 180 V jadi persentase keberhasilan dalam pengukuran adalah 99 % data terlampir.

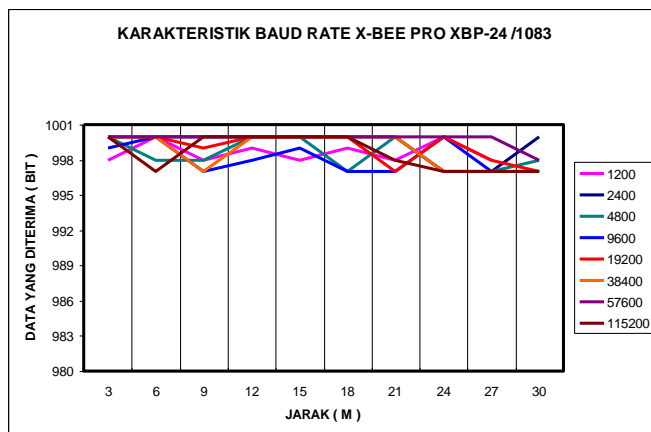
➤ Pengujian sensor suhu

Pengujian dilakukan untuk mengetahui akurasi sensor dalam melakukan pengukuran suhu pada trafo, berdasarkan hasil uji diatas maka hasil sensor suhu mempunyai error sebesar 1% dalam hal ini pengukuran mempunyai persentase keberhasilan dalam pengukuran adalah 99 %.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Uji Pemanasan (Solder)	Pembanding Thermo gun Raytek (°C)	Tampilan LCD Alat TA (°C)	% Error
1	25,4	26	2
2	30,4	30	- 1
3	35,0	35	0
4	42,2	43	2
5	46,2	46	0
6	53,2	53	0
7	62,0	63	2
8	74,0	75	1
9	80,8	81	0
10	TOTAL		1

➤ Pengujian *baud rate wireless RF*



Gambar 4.1 Grafik karakteristik baud rate X-Bee Pro

Pengujian dilakukan pada kondisi *out door* dan *Line Of Sight*. Dari grafik di atas diketahui bahwa *range baud rate* komunikasi yang disediakan oleh modul *wireless RF* dapat digunakan untuk proses komunikasi data. Pemilihan *baud rate* yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan antarmuka.

➤ Pengujian komunikasi *multihop*

Tabel 4.2. Hasil pengujian komunikasi *singlehop* untuk *node 1*

Pengirim (Node)	Penerima (Node)	Send Data (Node)	Respon Dari (Node)	Keterangan
E – C – A	C	*CE[date]D[data teg&suhu]E#	*EOKC #	node aktif
	A	*AC[date]D[data teg&suhu]E#	*COKA #	node aktif
E – D – B – A	C	*CE[date]D[data teg&suhu]E#	-	node non aktif
	D	*DE[date]D[data teg&suhu]E#	*EOKD #	node aktif
	B	*BD[date]D[data teg&suhu]E#	*DOKB #	node aktif
	A	*AB[date]D[data teg&suhu]E#	*BOKA #	node aktif
E – B – A	D	*DE[date]D[data teg&suhu]E#	-	node non aktif
	B	*BE[date]D[data teg&suhu]E#	*EOKB #	node aktif
	A	*AB[date]D[data teg&suhu]E#	*BOKA #	node aktif

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian diatas dilakukan pada pengiriman E – C – A maksudnya node – node yang dilewati dalam kondisi aktif, apabila node C dalam kondisi tidak aktif maka pengiriman dilakukan melalui node D dengan tujuan ke node B selanjutnya ke node A, disaat node D dengan kondisi tidak aktif maka solusi pengiriman dilakukan melalui node B dengan tujuan terakhir pada node A.

➤ Pengujian sistem komunikasi secara keseluruhan

Pada proses pengiriman data ini komunikasi data ini diuji dalam satu ruangan dengan jarak node-mikroserver sekitar 5m dan jarak mikroserver-server sekitar 5m. Pengujian ini dilakukan dengan kondisi semua node aktif. Pengiriman data ke server oleh masing – masing *node* dan mikroserver akan dilakukan jika waktu RTC adalah jam 10 dan 20 dengan menit yang berbeda sesuai setting dengan selisih 1 menit. Siklus pengiriman data *node* E dimulai jika menit RTC adalah menit ke-0. Proses pengiriman data ke node lain dengan cara broadcast sedangkan *node* penerima melakukan pengecekan data yang dikirim apakah untuk dirinya atau bahkan perlu dikirimkan ke node yang lain pula jika data itu sudah valid. Apabila data tersebut sesuai dengan ID nya maka pada layar LCD akan muncul tanda ">" dan apabila node yang dituju tidak aktif maka pada layar LCD akan muncul tanda "X", kondisi tersebut berlaku untuk semua node yang lagi melakukan pengiriman data baik pada saat *event* ataupun *schedule*. Pada saat data sudah diterima mikroserver maka data akan dikirimkan ke server sudah dalam bentuk data teks sehingga mudah diolah oleh aplikasi yang dibuat pada server menggunakan Visual Basic. Pada 20 pengujian yang dilakukan terdapat 1 kali kegagalan pengiriman data ke server sehingga data tidak diterima oleh server. Hal ini disebabkan oleh kondisi modem GSM yang tidak ready dan 1 kali mengalami keterlambatan hingga 2 menit hal ini disebabkan oleh sinyal pada saat pengiriman SMS pada provider yang digunakan. Sistem komunikasi yang dibangun cukup berhasil untuk melakukan pengiriman data ke server via mikroserver menggunakan wireless RF dan SMS Gateway dengan tingkat keberhasilan 95%.

Dari data – data yang telah diperoleh untuk pengembangan sistem ini maka dapat diperhatikan beberapa hal yang penting yaitu :

- Modul wireless RF (X-Bee Pro) menyediakan sekitar 65000 pengalamatan untuk wilayah kerja pada 1 channel [5].
- Maksimal data yang dapat dikirim pada 1 kali SMS adalah 160 karakter
- Sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan, jarak jangkauan modul Wireless RF (X-Bee Pro) adalah sekitar 180 m dengan baud rate 9600 bps.
- Siklus waktu untuk pengiriman data setiap node sekitar 5 detik dan waktu pengiriman data ke server sekitar 30-60 detik .

➤ Implementasi Lapangan di PLN APJ Sidoarjo

Pada implementasi dilapangan yang harus diperhatikan pertama kali adalah membandingkan besaran nilai pengukuran tegangan dan suhu dengan alat yang sudah ada dan hasilnya sesuai dengan error 1%, kedua menguji sistem komunikasi *wireless* tersebut apakah benar proses pengiriman data antar node sudah terjangkau dan hasilnya juga berhasil 100% karena data berhasil terkirim, ketiga menguji server apakah dapat menerima hasil dari percobaan yang dilakukan pada tahap implementasi tersebut dan hasilnya pun data diterima dengan lengkap tanpa ada data yang hilang.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari keseluruhan pembuatan, pengujian dan analisa sistem komunikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Tujuan akhir TA ini tercapai karena alat telah berhasil diimplementasikan di GTT Distribusi PLN APJ Sidoarjo.
2. Hasil pengukuran sensor tegangan mempunyai error yang kecil pada saat melakukan pengukuran regangan 180 VAC keatas yaitu dengan error -1%, karena dalam tugas akhir ini pengukuran tegangan yang dianggap *low voltage* adalah dibawah 180 V jadi persentase keberhasilan dalam pengukuran adalah 99%.
3. Hasil pengukuran sensor suhu berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan maka hasil sensor suhu mempunyai error sebesar 1 % dalam hal ini pengukuran mempunyai persentase keberhasilan dalam pengukuran adalah 99%.
4. Mode pengalamatan / *addressing* dapat digunakan untuk pengiriman paket data ke modul *wireless RF* yang memiliki alamat spesifik dengan tingkat keberhasilan 100%.
5. Hasil penerapan algoritma *multihop* untuk system komunikasi data antara *mikroserver* dengan setiap *node/slave* pada monitoring tegangan dan suhu pada trafo PLN ini optimal dengan tingkat keberhasilan 100% untuk kondisi *out door* dan *line of sight*. Metode *multihop* ini diterapkan untuk memonitoring tegangan dan suhu pada trafo PLN pada setiap *node / slave* yang masih dalam jangkauan sinyal *RF (wireless)* dari pihak *mikroserver*.
6. Sistem komunikasi yang dibangun dapat mengirimkan data pengukuran tegangan dan suhu pada trafo PLN ke server dengan menggunakan *wireless RF* dan *SMS Gateway* dengan tingkat keberhasilan 95% pada pihak server.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://arrester.wordpress.com/2010/10/16/gardu-tiang-trafo-gtt/>
- [2] <http://turunanilmu.blogspot.com/2010/12/gardu-trafo-tiang-gtt-distribusi.html>
- [3] Indoskripsi, *Mikrokontroller*. 2009. Diakses 20 Maret 2009 <http://one.indoskripsi.com/node/331>
- [4] Halvorson, M. (2002) "Microsoft Visual Basic 6.0 Step by Step", Elex Media Komputindo Jakarta
- [5] <http://www.maxstream.com/xbee-pro-wireless-instruction-set> diakses pada 5 Maret 2007
- [6] C. Siva Ram Murthy, B. S. Manoj. *Ad Hoc Wireless Networks : Architectures and Protocols*. Pearson Education Inc, Prentice Hall PTR; 2004
- [7] <http://www.freepatentsonline.com/y2008/0104274.html?query=multihop&stemming=on>
- [8] A.Birman, A. Kershenbaum," *Routing and Wavelength Assignment Methods in Multi-Hop All-Optical Networks with Blocking*", IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York. 1995 .
- [9] Hendhi Hermawan, 2009, Penerapan Teknologi Wireless RF dan SMS Gate Way Pada Sistem Monitoring Pemakaian Air PDAM Skala Rumah Tangga Yang Terintegrasi Data Base via Internet, Surabaya, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [10] Datasheet ATmega128
- [11] Datasheet LM 35